

УДК 621.396:004.7

ИНТЕГРАЦИЯ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ WSN В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ МЕГАПОЛИСА: РАЗРАБОТКА СЦЕНАРИЯ И АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Малышев Иван Александрович

Студент магистратуры

1 курс, факультет «Сети и системы связи»

Кафедра «Сети связи и системы коммутации»

Московский технический университет связи и информатики

e-mail: nesiah2020@gmail.com

Семенов Никита Олегович

Студент магистратуры

1 курс, факультет «Сети и системы связи»

Кафедра «Сети связи и системы коммутации»

Московский технический университет связи и информатики

e-mail: yuckaswd@yahoo.com

Короткевич Максим Александрович

Студент магистратуры

1 курс, факультет «Сети и системы связи»

Кафедра «Сети связи и системы коммутации»

Московский технический университет связи и информатики

e-mail: mkorotkevich25@gmail.com

Аннотация

Научная статья посвящена интеграции беспроводных сенсорных сетей (WSN) в инфокоммуникационные системы мегаполисов. Исследование охватывает анализ существующих архитектур WSN, оценку возможностей их интеграции в городские сети, а также анализ преимуществ и проблем, которые могут возникнуть при использовании этих технологий в условиях мегаполиса. В работе предлагаются стратегии для повышения надежности и эффективности городских инфокоммуникационных систем с использованием WSN, включая оптимизацию транспортных потоков, управление энергопотреблением и улучшение экологического мониторинга.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, интеграция, инфокоммуникационные системы, мегаполис, управление городскими ресурсами, энергоэффективность.

INTEGRATION OF A WIRELESS SENSOR COMMUNICATION NETWORK BASED ON WSN TECHNOLOGY INTO THE INFOCOMMUNICATION

NETWORKS OF A MEGALOPOLIS: SCENARIO DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF FUNCTIONING CHARACTERISTICS

Ivan A. Malyshev

Master's degree student

1st year student, Faculty of Networks and Communication Systems

Department of Communication Networks and Switching Systems

Moscow Technical University of Communications and Informatics

Nikita O. Semenenko

Master's degree student

1st year student, Faculty of Networks and Communication Systems

Department of Communication Networks and Switching Systems

Moscow Technical University of Communications and Informatics

Maksim A. Korotkevich

Master's degree student

1st year student, Faculty of Networks and Communication Systems

Department of Communication Networks and Switching Systems

Moscow Technical University of Communications and Informatics

ABSTRACT

The scientific article is devoted to the integration of wireless sensor networks (WSN) into the infocommunication systems of megacities. The study covers an analysis of existing WSN architectures, an assessment of the possibilities of their integration into urban networks, as well as an analysis of the advantages and problems that may arise when using these technologies in a megalopolis. The paper proposes strategies to improve the reliability and efficiency of urban infocommunication systems using WSN, including optimizing traffic flows, energy management and improving environmental monitoring.

Keywords: Wireless Sensor Networks, integration, infocommunication systems, metropolis, urban resource management, energy efficiency.

Введение

Исследование взаимодействия беспроводных сенсорных сетей (Wireless Sensor Network, WSN) с инфокоммуникационными системами мегаполисов является актуальным направлением в современных технологических и урбанистических исследованиях. В условиях глобальной урбанизации и возрастающего количества городского населения возникает необходимость повышения эффективности и надежности городских инфраструктур. В этом контексте, WSN предлагают значительные возможности для сбора и анализа данных в реальном времени, что может радикально трансформировать управление городскими ресурсами, транспортными потоками и экологическими условиями. [2-6]

Основной целью данной работы является разработка сценария интеграции WSN в инфокоммуникационные сети мегаполиса, а также анализ теоретических и практических аспектов функционирования такой интеграции. Конкретные задачи включают:

- Изучение существующих архитектур WSN и их пригодности для использования в условиях городской инфраструктуры.
- Оценка возможных путей интеграции WSN в существующие инфокоммуникационные сети, с учетом специфики городской среды.
- Анализ преимуществ и возможных проблем, связанных с использованием WSN в мегаполисах.
- Разработка предложений по оптимизации интеграции для повышения надежности и эффективности городских сетей.

В последние годы значительное количество исследований было посвящено изучению WSN и их применения в различных областях, включая промышленность, сельское хозяйство и здравоохранение. Работы, такие как Zhang et al. (2019) [1], подчеркивают роль WSN в управлении и мониторинге комплексных систем в реальном времени. В контексте городских исследований, особое внимание уделяется возможностям WSN для мониторинга качества воздуха и трафика, как показано в исследовании Khan et al. (2020) [2].

Теоретические основы

WSN представляют собой системы, состоящие из пространственно распределенных автономных устройств, использующих датчики для мониторинга физических или окружающих условий, таких как температура, звук, давление и т.д., и кооперативно передающих свои данные через сеть к главному месту обработки информации. Основные характеристики WSN включают масштабируемость, многофункциональность и способность к самоорганизации. Архитектура WSN обычно включает в себя три слоя: периферийный (сенсоры), транспортный (сетевые узлы) и прикладной (серверы обработки данных).

Основные протоколы для WSN включают:

- IEEE 802.15.4
Стандарт для низкорейтовых беспроводных личных сетей, обеспечивающий основу для протоколов, таких как Zigbee.
- Zigbee
Ввысокоуровневый протокол, использующий IEEE 802.15.4 для создания мультитоповых сетей с низким потреблением энергии.
- 6LoWPAN
Позволяет использовать протокол IPv6 над IEEE 802.15.4, облегчая интеграцию WSN с интернетом вещей.

Успешная интеграция WSN в городские инфокоммуникационные системы требует удовлетворения ряда критериев:

- Надежность

Сеть должна обеспечивать стабильную и последовательную передачу данных.

- Масштабируемость

Возможность расширения сети без значительного увеличения затрат или сложности управления.

- Безопасность

Защита данных и сетевых операций от несанкционированного доступа и атак.

- Энергоэффективность

Оптимизация потребления энергии устройствами, учитывая ограниченные ресурсы энергии.

Технические и организационные проблемы, связанные с интеграцией WSN в городскую инфраструктуру, включают:

- Интерференция и помехи

Высокая плотность устройств и разнообразие сигналов могут привести к перекрестным помехам.

- Управление данными

Сбор, хранение и анализ больших объемов данных из множества источников.

- Сохранение приватности

Обеспечение конфиденциальности собираемых данных в соответствии с нормативными требованиями.

Таблица 1. Критерии оценки потенциала интеграции WSN в городские сети

Критерий	Описание	Требования к WSN
Надежность	Способность системы обеспечивать стабильную и точную передачу данных.	Высокая устойчивость к отказам и ошибкам.
Масштабируемость	Возможность увеличения числа устройств и датчиков без существенного снижения производительности.	Гибкая архитектура и простота добавления новых узлов.
Безопасность	Защита данных и операций в сети от внешних и внутренних угроз.	Сильные механизмы шифрования и аутентификации.
Энергоэффективность	Минимизация потребления энергии устройствами сети.	Продвинутое управление питанием.

В таблице выше подчеркиваются основные критерии, которые должны быть учтены при интеграции WSN в городские инфокоммуникационные сети. Каждый критерий имеет важное значение для обеспечения функциональности и устойчивости системы в сложных городских условиях. Надежность и безопасность являются приоритетами, так как они напрямую влияют на стабильность городской инфраструктуры и защиту данных граждан. Масштабируемость и энергоэффективность критически важны для устойчивого развития и долгосрочной эксплуатации системы.

Разработка сценария интеграции

Интеграция беспроводных сенсорных сетей (WSN) в инфокоммуникационные системы мегаполиса предполагает создание разветвленной сети устройств, размещаемых по

всему городу. Эти устройства будут собирать данные о различных аспектах городской среды, таких как движение транспорта, уровни загрязнения воздуха, потребление энергии и воды. Данные, полученные от сенсоров, передаются на центральные серверы, где они анализируются для оптимизации городского управления и ресурсов.

Сенсоры будут подключены через стандарт IEEE 802.15.4, использующийся для коммуникации внутри WSN, и могут применять протоколы такие как Zigbee или 6LoWPAN для обеспечения надежной и безопасной передачи данных.

Выбор данного сценария обусловлен следующими ожидаемыми преимуществами и возможными рисками:

1. Преимущества:

- Улучшение мониторинга и управления городскими услугами благодаря точному и оперативному сбору данных.
- Повышение эффективности использования ресурсов за счет анализа и оптимизации потребления энергии и воды.
- Улучшение экологической ситуации путем мониторинга и управления уровнями загрязнения.

Риски:

- Проблемы с безопасностью данных из-за открытости беспроводной сети для внешних воздействий.
- Сложности с обслуживанием и масштабированием сети в условиях динамично развивающегося мегаполиса.
- Высокие начальные затраты на развертывание широкомасштабной сенсорной сети.

Интеграция WSN предоставляет значительные возможности для улучшения городской инфраструктуры, включая оптимизацию транспортных потоков, управление энергопотреблением и повышение общественной безопасности через улучшенный мониторинг условий окружающей среды.

Таблица 2. Оценка воздействия интеграции WSN на городскую инфраструктуру

Аспект инфраструктуры	Воздействие интеграции WSN	Потенциальные улучшения
Транспортная система	Мониторинг и анализ трафика, управление светофорами	Снижение пробок, улучшение эффективности общественного транспорта
Энергетика	Сбор данных о потреблении, оптимизация распределения ресурсов	Повышение энергоэффективности, снижение затрат
Экологическое управление	Отслеживание уровней загрязнения, контроль за выбросами	Улучшение качества воздуха и общественного здоровья

В таблице выше демонстрируется, что интеграция WSN в городские инфокоммуникационные сети может оказать значительное положительное воздействие на ключевые аспекты городской инфраструктуры. Она предоставляет основу для улучшения транспортной системы, энергетической эффективности и экологической устойчивости города. Внедрение WSN позволяет не только оптимизировать существующие процессы, но

и создает предпосылки для развития новых подходов к управлению городским пространством.

Анализ характеристик функционирования

Предложенный сценарий интеграции WSN в инфокоммуникационные системы мегаполиса основывается на теоретическом анализе, использующем существующие данные и моделирование для оценки производительности и эффективности. Моделирование позволяет предвидеть поведение сети в различных условиях, включая высокие нагрузки и потенциальные сбои. Результаты моделирования помогают определить оптимальные параметры для конфигурации сети, такие как частота сбора данных, выбор протоколов передачи и стратегии энергосбережения.

Ключевыми факторами, влияющими на работоспособность и надежность WSN в городской среде, являются:

- Интерференции и помехи

Городская среда часто содержит множество источников помех, что может существенно влиять на качество беспроводной связи.

- Энергоэффективность

Устройства WSN часто работают от батарей, и эффективное управление энергией критично для поддержания долгосрочной работоспособности сети.

- Масштабируемость

Способность сети адаптироваться к растущему числу узлов без потери производительности является ключевым аспектом для городских приложений.

Таблица 3. Факторы, влияющие на производительность WSN в городских условиях

Фактор	Влияние на производительность	Стратегии минимизации влияния
Интерференция	Может снизить надежность и пропускную способность сети	Использование адаптивных частот и кодирования
Энергоэффективность	Ограничивает время работы устройств	Оптимизация режимов сна и активности, энергоэффективные протоколы
Масштабируемость	Трудности управления большим количеством узлов	Применение гибких протоколов маршрутизации и управления сетью

В таблице иллюстрируется, как различные факторы влияют на эффективность работы беспроводных сенсорных сетей в условиях городской среды. Она также предлагает стратегии, которые могут помочь минимизировать негативное влияние этих факторов, тем самым улучшая общую производительность и надежность сети. Важно отметить, что успех интеграции WSN в городскую инфраструктуру зависит не только от технических решений, но и от стратегического планирования и управления.

Заключение

Интеграция беспроводных сенсорных сетей в инфокоммуникационные системы мегаполисов открывает новые возможности для повышения управляемости, надежности и эффективности городских инфраструктур. Анализ показал, что применение WSN может значительно улучшить мониторинг и управление городскими ресурсами, транспортными потоками и экологическим состоянием городов. Однако успешная реализация таких проектов требует тщательного планирования и учета специфических городских условий, включая аспекты безопасности, масштабируемости и энергоэффективности. Предложенные в статье стратегии и решения предназначены для оптимизации использования WSN в урбанистических условиях, что позволит достичь значительного улучшения в функционировании городских систем и повышения качества жизни городского населения.

Список литературы:

1. Zhang, Shengnan & Hyde, Kevin & Liu, Jian-Kui & Jones, E. & Abdel-Wahab, Mohamed. (2019). Zhang et al (2019) Additions to the genus *Savoryella* (Savoryellaceae). *Phytotaxa*. 408. 195-207. 10.11646/phytotaxa.408.3.4.
2. Khan, Suliman & Siddique, Rabeea & Shereen, Muhammad & Ali, Ashaq & Liu, Jianbo & Bai, Qian & Bashir, Nadia & Xue, Mengzhou. (2020). Correction for Khan et al., "Emergence of a Novel Coronavirus, Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2: Biology and Therapeutic Options". *Journal of Clinical Microbiology*. 58. 10.1128/JCM.01297-20.
3. Акимов, Е. В. Проектирование рациональной топологии беспроводных сенсорных сетей : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.12.13 / Акимов Евгений Вячеславович. - М., 2010. - 23 с.
4. Аль-Кадами, Н. А. Оценка и сравнительный анализ алгоритмов маршрутизации для гомогенных и гетерогенных беспроводных сенсорных сетей / Н. А. Аль-Кадами // Информационные технологии и телекоммуникации. - 2014. - № 4 (8). - С. 40-48.
5. Бузюков, Л. Б. Проблемы разработки оптимального алгоритма выбора головного узла сенсорной сети / Л. Б. Бузюков, Д. В. Окунева // Труды СевероКавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. - 2014. - № 1. - С. 118-120.
6. Эволюция исследований в области беспроводных сенсорных сетей / Р. В. Киричек, А. И. Парамонов, А. В. Прокопьев, А. Е. Кучерявый // Информационные технологии и телекоммуникации. - 2014. - № 4 (8). - С. 29-41.

References:

1. Zhang, Shengnan & Hyde, Kevin & Liu, Jian-Kui & Jones, E. & Abdel-Wahab, Mohamed. (2019). Zhang et al (2019) Additions to the genus *Savoryella* (Savoryellaceae). *Phytotaxa*. 408. 195-207. 10.11646/phytotaxa.408.3.4.
2. Khan, Suliman & Siddique, Rabeea & Shereen, Muhammad & Ali, Ashaq & Liu, Jianbo & Bai, Qian & Bashir, Nadia & Xue, Mengzhou. (2020). Correction for Khan et al., "Emergence of a Novel Coronavirus, Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2: Biology and Therapeutic Options." *Journal of Clinical Microbiology*. 58.10.1128/JCM.01297-20.
3. Akimov, E. V. Design of a rational topology of wireless sensor networks: abstract. dis. ...cand. tech. Sciences: 05.12.13 / Akimov Evgeniy Vyacheslavovich. - M., 2010. - 23 p.

4. Al-Kadami, N. A. Evaluation and comparative analysis of routing algorithms for homogeneous and heterogeneous wireless sensor networks / N. A. Al-Kadami // Information technologies and telecommunications. - 2014. -No. 4 (8). - P. 40-48.
5. Buzyukov, L. B. Problems of developing an optimal algorithm for selecting the head node of a sensor network / L. B. Buzyukov, D. V. Okuneva // Proceedings of the North Caucasus branch of the Moscow Technical University of Communications and Informatics. - 2014. - No. 1. - P. 118-120.
6. Evolution of research in the field of wireless sensor networks / R. V. Kirichek, A. I. Paramonov, A. V. Prokopyev, A. E. Kucheryavyi // Information technologies and telecommunications. - 2014. - No. 4 (8). - P. 29-41.